

IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
Apertura capitolo	 ESPERIMENTI A CASA Incertezza: se la conosci non la eviti Come si può misurare con precisione lo spessore di una moneta usando un semplice righello?	2
I concetti e le leggi	 MAPPA INTERATTIVA	
Esercizi	20 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»	

VERSO IL CLIL

 FORMULAE IN ENGLISH		 AUDIO
Average value	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$	The average value equals the sum of the values divided by the number of values.
Maximum error	$e_m = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}$	The maximum error equals the difference between the maximum and minimum values divided by two.
Relative uncertainty	$e_r = \frac{\Delta x}{\bar{x}}$	The relative uncertainty is the uncertainty assigned to a measurement divided by the average value.
Percentage uncertainty	$e_{\%} = (e_r \times 100)\%$	The percentage uncertainty is the relative uncertainty multiplied by one hundred.
Standard deviation	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$	The standard deviation of a finite set of values equals the square root of the average of the squares of the differences of the values from their average value.
Uncertainty in sums	$\Delta(a + b) = \Delta a + \Delta b$	The uncertainty of a sum of values equals the sum of the uncertainties in the values.
Uncertainty in differences	$\Delta(a - b) = \Delta a + \Delta b$	The uncertainty of a difference of values equals the sum of the uncertainties in the values.
Relative uncertainty in products	$\frac{\Delta(a \cdot b)}{\bar{a} \cdot \bar{b}} = \frac{\Delta a}{\bar{a}} + \frac{\Delta b}{\bar{b}}$	The relative uncertainty of a product of values equals the sum of the relative uncertainties in the values.
Relative uncertainty in quotients	$\frac{\Delta(a/b)}{(\bar{a}/\bar{b})} = \frac{\Delta a}{\bar{a}} + \frac{\Delta b}{\bar{b}}$	The relative uncertainty of a ratio of values equals the sum of the relative uncertainties in the values.

 **QUESTIONS AND ANSWERS** **AUDIO**

- ▶ Define the precision, sensitivity and range of a measuring instrument.

The precision of a measuring instrument is the degree to which repeated measurements under unchanged conditions show the same results. The instrument's sensitivity is the smallest amount that it can measure. The instrument's range is the limit of measurement values that an instrument is capable of measuring.

- ▶ In physics errors are classified as either random or systematic, what is the difference between them?

If an experiment were carried out to measure gravity and the results varied as the experiment was repeated then this is an indication of a random error in the observer or measurement apparatus. If, on the other hand, the results from the repeated experiments are consistent but do not agree with the value of gravity from other experiments then this is an indication of a systematic error in the experiment. Experiments can of course be subject to both random and systematic errors.

- ▶ Imagine someone measuring the area of a photograph, anticipate what errors can be made and suggest how they may be minimised.

To measure the length and width of the photograph, a ruler is required. This is an obvious source of error as it may be poorly calibrated and also subject to environmental conditions, contraction and expansion for instance. One can also anticipate errors in the person recording the results: poor eyesight, tendency to view the ruler at a particular angle, or difficulty estimating the measurement between the rulings on the ruler. To minimise errors, several good quality rulers could be used and measurements taken by several different people and repeated at different times.

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

1 GLI STRUMENTI DI MISURA

- 5** In una località di montagna un altimetro rileva la quota di 1234 m.
 ▶ Qual è la sensibilità dello strumento?
- 6** In quale caso uno strumento di misura può rompersi se viene usato per misurare il valore di una grandezza?
- 7** Il contatore di consumi dell'energia elettrica che hai a casa è uno strumento analogico o digitale?

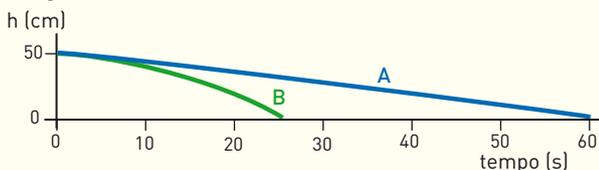
- 8** Indica la portata e la sensibilità del cilindro, tarato in centimetri cubi.



David J. Green - studio/Alamy

2 L'INCERTEZZA NELLE MISURE

- 18 IN FORMA DI GRAFICO** Due studiosi *A* e *B* confrontano le misure di tempo ottenute con uno strumento per verificare che non sia influenzato da variazioni di temperatura. Decidono di misurare il tempo di caduta di un foglio di carta che cade da un'altezza $h = 50$ cm. *A* esegue il test nel suo ufficio dove la temperatura è di 25°C , *B* lo esegue in una camera a vuoto dove la temperatura è di -50°C . I loro risultati sono mostrati nel grafico della figura.



- ▶ Qual è la causa del grande disaccordo dei dati? Di che tipo di errore si tratta?
- ▶ Possono analizzare comunque l'effetto della temperatura usando questi dati?

- 19 COSA SUCCEDDE SE** Un tecnico misura la temperatura nelle aule della scuola e ogni volta azzerava il termometro.
 ▶ Cosa può accadere se esegue le misure troppo velocemente rispetto alla prontezza dello strumento?

PROBLEMA MODELLO 2 STRUMENTO DIFETTOSO?

Barbara misura la durata del verde di un semaforo (che è certificata essere di 50 s esatti) con il suo cronometro. Pur ripetendo la misura tante volte, legge sempre valori molto vicini a 70 s e inizia a pensare che lo strumento sia difettoso.

Poi si accorge che invece aveva solo un problema di taratura e corregge l'istante di zero.

- ▶ Da quale tipo di errore erano affette le misure? Di quanto in percentuale erano sbagliate le misure?

In seguito ripete la misura e ottiene i seguenti valori: 52,23 s, 49,44 s, 53,02 s, 45,31 s. Non avendo ottenuto mai il valore atteso, decide che lo strumento è veramente rotto e lo getta.

- ▶ Secondo te ha ragione o sta trascurando qualche possibile fonte di errore?

■ DATI

Durata nota del verde: $T = 50$ s
 Valore misurato: $T' \approx 70$ s

■ INCOGNITE

Tipo di errore iniziale = ?
 Errore percentuale: $e_{\%} = ?$
 Tipo di errore finale = ?

L'IDEA

- Un errore di taratura avviene sempre nello stesso verso da una misura all'altra.
- Devo considerare che il cronometro viene avviato e fermato manualmente da Barbara.

LA SOLUZIONE**Determino l'errore iniziale.**

L'errore sulla misura è di tipo sistematico per eccesso:

$$\Delta T' = (70 - 50)\text{s} = 20\text{ s.}$$

In percentuale le misure differiscono dal valore noto di:

$$e_{\%} = \left(\frac{\Delta T'}{T_V} \times 10 \right) \% = \left(\frac{20\text{ s}}{50\text{ s}} \times 100 \right) \% = 40\%.$$

Analizzo le misure finali.

Le misure di Barbara sono influenzate dal suo tempo di reazione quando avvia e ferma il cronometro, quindi è normale che ottenga risultati diversi da una misura all'altra. Alcuni valori sono in eccesso e altri in difetto, quindi si tratta di errori casuali ineliminabili.

5 L'INCERTEZZA RELATIVA**PROBLEMA MODELLO 3 MISURA DI UNA FREQUENZA**

Un elettricista deve misurare la frequenza f (la cui unità di misura è l'hertz, Hz) di un segnale sul quale dovrà sintonizzare un ricevitore. Ha a disposizione uno strumento con sensibilità di 1 kHz. Affinché la sintonizzazione avvenga correttamente è ammessa un'incertezza massima di 50 kHz. Durante le misure sono presenti interferenze di vario tipo e risultano i valori riportati nella tabella.

f (MHz)	
120,321	120,348
120,313	120,390
120,318	120,319
120,320	120,317
120,315	120,355

- ▶ Qual è il valore più plausibile della frequenza misurata?
- ▶ Qual è l'incertezza associata alla misura?
- ▶ La sincronizzazione andrà a buon fine in queste condizioni?
- ▶ Determina l'incertezza relativa e l'incertezza percentuale.

■ DATI

Sensibilità dello strumento: 1 kHz
 Incertezza massima consentita: 50 kHz

■ INCOGNITE

\bar{f} (Hz) = ?
 $\Delta f = ?$ $e_r = ?$ $e_{\%} = ?$

L'IDEA

- Il valore medio delle 10 misure è la migliore stima del valore della frequenza.
- Come incertezza Δf si prende la più grande tra la semidispersione massima e la sensibilità dello strumento. Se l'incertezza supera 50 kHz la sincronizzazione non è possibile.
- L'incertezza relativa è data da $\Delta f / \bar{f}$.

LA SOLUZIONE

Calcolo la media dei dati sperimentali.

$$\bar{f} = \frac{(120,321 + 120,313 + 120,318 + 120,320 + 120,315 + 120,348 + 120,390 + 120,319 + 120,317 + 120,355) \text{ MHz}}{10} = 120,332 \text{ MHz.}$$

Calcolo la semidispersione massima.

$$e_m = \frac{(120,390 - 120,313) \text{ MHz}}{2} = 0,04 \text{ MHz.}$$

Il risultato finale si scrive come:

$$f = \bar{f} \pm \Delta f = (120,33 \pm 0,04) \text{ MHz.}$$

La sintonizzazione quindi è possibile dato che l'incertezza è minore di $50 \text{ kHz} = 0,05 \text{ MHz}$.

Determino l'incertezza relativa e l'incertezza percentuale.

$$e_r = \frac{\Delta f}{\bar{f}} = \frac{0,04 \text{ MHz}}{120,33 \text{ MHz}} = 3 \times 10^{-4} \quad e_{\%} = (e_r \times 100)\% = 0,03\%.$$

ATTENZIONE

- La semidispersione massima è maggiore della sensibilità dello strumento, quindi assumiamo la semidispersione massima come incertezza Δf .
- Nonostante le interferenze, le misure sono molto buone: l'incertezza è inferiore a mezzo punto percentuale.

6 LE CIFRE SIGNIFICATIVE

- 43** Il tuo compagno di banco scrive come risultato di una misura di massa in laboratorio $(18,25 \pm 0,5) \text{ g}$.
- ▶ Perché il risultato della misura scritto in questo modo non è corretto?
- 44** Quanto vale, espressa con il corretto numero di cifre significative, l'area di una fettuccia di lati $1,953 \text{ m}$ e $1,1 \text{ cm}$?
- 45** Come si scrive il numero $10,049$ arrotondato a 3 cifre significative?
- 46** Con una bilancia di sensibilità 10 g controlli la massa di una confezione da un kilogrammo di zucchero.
- ▶ Come scrivi il risultato con il numero corretto di cifre significative?
- 52** Con quante cifre significative sono scritte le misure seguenti?
 ★★★
- $34,5 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $0,00023 \text{ g}$
 - 2005 m
 - 2960 kg/m^3
 - 300000 km/s
 - $(56,05 \pm 0,01) \text{ m}$
 - $0,020 \text{ L}$
 - $4,53 \times 10^4 \text{ s}$
 - $(0,12 \pm 0,05) \text{ kg}$
- 53** Il numero di Nepero o numero di Eulero, indicato con la lettera e , è una costante matematica molto importante, collegata a una funzione conosciuta come funzione esponenziale. Considera come suo valore il numero $2,718281828459$.
- ▶ Riscrivilo con sette, cinque, tre, due e una cifra significativa.
- 54** Il lato di un quadrato misura $0,135 \text{ m}$.
 ★★★
- ▶ Scrivi la lunghezza della diagonale con il corretto numero di cifre significative.

[0,191 m]

59 ★★★ Un trenino giocattolo è posizionato sulle rotaie davanti alla miniatura della stazione di polizia. Misuri la distanza a cui si trova rispetto all'inizio delle rotaie e ottieni: $l_0 = 13,36$ cm. Poi lo metti in moto e trovi che impiega un tempo $\Delta t = 22$ s per arrivare a una distanza $l = 1,56$ m dall'inizio delle rotaie.

- ▶ Ricava la velocità del trenino come il rapporto tra la distanza percorsa nel tempo Δt e il tempo Δt stesso. Esprimila in m/s con il corretto numero di cifre significative.

[0,065 m/s]

60 ★★★ Ti viene chiesto di misurare la temperatura dell'acqua negli acquari in un negozio con un'incertezza percentuale non superiore al 2%. Sai che le temperature vanno da un minimo di 15 °C a un massimo di 30 °C e puoi eseguire la misura una volta sola in ogni acquario.

- ▶ Qual è la minima sensibilità che deve avere il termometro che userai?
- ▶ Con quale numero minimo di cifre significative esprimerai i risultati?

[0,3 °C; 3]

61 ★★★ Alla fine del 1800 si pensava che l'aria fosse costituita da ossigeno e azoto. Gli studiosi Lord Rayleigh e William Ramsay riempiono un contenitore con azoto prodotto chimicamente in laboratorio e confrontarono la massa del gas (M_1) con quella dell'aria (M_2) immagazzinata nello stesso contenitore dopo averne rimosso l'ossigeno. Dai loro risultati scoprirono che l'aria contiene in piccola percentuale anche un altro gas, che fu chiamato argon. I loro risultati sono riportati nella tabella:

M_1 [g]	M_2 [g]
2,3001	2,3103
2,2990	2,3100
2,2987	2,3102
2,2985	–
2,2987	–

- ▶ Calcola le medie dei risultati.
- ▶ Esprimi M_1 e M_2 con le corrette incertezze.
- ▶ Determina la percentuale di massa dell'aria che è costituita da argon.

[$M_1 = (2,2990 \pm 0,0008)$ g; $M_2 = (2,3102 \pm 0,0002)$ g; 0,5%]

7 L'ERRORE STATISTICO

67 ★★★ I chiodi dello stesso tipo comprati dal ferramenta hanno davvero la stessa lunghezza? Per provare a stabilirlo con un esperimento, un gruppo di studenti ha eseguito il controllo della lunghezza di 20 chiodi lunghi 3 cm secondo le dichiarazioni del fabbricante. I ragazzi hanno usato una riga con sensibilità 1 mm e un calibro centesimale con sensibilità 1/20 mm. Le misure sono riportate nella tabella a fianco.

- ▶ Calcola il valore medio della lunghezza dei chiodi, sia con la riga che con il calibro.
- ▶ Per ogni serie di misure, calcola lo scarto quadratico medio.
- ▶ Esprimi correttamente i risultati delle due serie di misure.
- ▶ Le differenze nella lunghezza dei chiodi secondo te a cosa si possono attribuire? A errori sperimentali commessi dai ragazzi o a errori di fabbricazione dei chiodi?
- ▶ Rappresenta le due serie di dati mediante due istogrammi, per rendere più facile il confronto.

[3,0 cm, 3,086 cm; (3,0 ± 0,1) cm; (3,09 ± 0,06) cm]

NUMERO DELLA MISURA	L [cm] RIGA	L [cm] CALIBRO
1	3,0	3,000
2	3,1	3,005
3	3,1	3,110
4	3,1	3,110
5	3,0	3,115
6	3,2	3,120
7	3,1	3,110
8	3,0	2,960
9	2,9	2,980
10	3,2	3,110
11	2,9	3,120
12	2,8	3,120
13	3,0	3,140
14	3,1	3,180
15	3,1	2,960
16	2,9	3,110
17	3,1	3,120
18	3,1	3,115
19	3,1	3,110
20	3,0	3,125

68 Si misura, per venti volte consecutive, lo spessore di un blocco, ottenendo i seguenti valori.

SPESSORE DEL BLOCCO (cm)				
5,4	5,6	5,3	5,3	5,4
5,7	5,5	5,5	5,4	5,5
5,8	5,3	5,4	5,4	5,3
5,6	5,5	5,2	5,3	5,4

- ▶ Costruisci con un foglio di calcolo l'istogramma che rappresenta la distribuzione dei valori.
- ▶ Calcola il valore medio dello spessore del blocco.
- ▶ Calcola lo scarto quadratico medio ed esprimi correttamente il risultato della serie di misure effettuata.

$[(5,4 \pm 0,2) \text{ cm}]$

8 L'INCERTEZZA NELLE MISURE INDIRETTE

71 **APPLICA I CONCETTI** Lo spigolo di un cubo di lato 10 cm è noto con un'incertezza percentuale dell'1%.

- ▶ Come si può scrivere il suo volume?

$$[(1,00 \pm 0,03) \times 10^3 \text{ cm}^3]$$

72 Un piccolo pendolo oscilla molto velocemente e ha una frequenza di oscillazione (numero di oscillazioni in un secondo) pari a $f = (20 \pm 2) \text{ s}^{-1}$.

- ▶ Quanto vale il periodo del pendolo con la relativa incertezza?

PROBLEMA MODELLO 6 INFINITI GRANELLI DI SABBIA?

Archimede, matematico greco del III secolo a.C., voleva dimostrare che il numero dei granelli di sabbia necessario per riempire l'intero Universo era minore dell'infinito, contro le supposizioni dell'epoca. Ecco come fece: calcolò la distanza fra la Terra e il Sole, il volume della sfera con questo raggio e il numero di granelli di sabbia contenuti in questa sfera. Il valore che ottenne era 10^{63} , enorme ma certamente non infinito.

In memoria di Archimede, pensa ora di trovarti su una spiaggia lunga 1 km e larga 50 m. Le misure della lunghezza e della larghezza della spiaggia sono note con un'incertezza di 1 m. Lo strato di sabbia asciutta ha uno spessore medio di 20 cm noto con un'incertezza di 3 cm. Immagina poi che un granello di sabbia sia un cubo di lato $(0,50 \pm 0,01) \text{ mm}$ e che i cubi abbiano tutti la stessa orientazione.

- ▶ Determina il numero totale di granelli che costituiscono la spiaggia con la relativa incertezza.
- ▶ Quanto vale il perimetro della spiaggia con l'incertezza di misura?

■ DATI

Lunghezza della spiaggia: $L_1 = (1000 \pm 1) \text{ m}$
 Larghezza della spiaggia: $L_2 = (50 \pm 1) \text{ m}$
 Spessore medio della sabbia: $h = (20 \pm 3) \text{ cm}$
 Lato del granello di sabbia: $l = (0,50 \pm 0,01) \text{ mm}$

■ INCOGNITE

Granelli totali: $N = ? \pm ?$
 Perimetro della spiaggia: $2p = (? \pm ?) \text{ m}^2$

L'IDEA

- Il volume di un granello di sabbia è dato da l^3 e quello della sabbia totale da $L_1 L_2 h$.
- Il numero di granelli è dato dal rapporto tra il volume totale della sabbia e quello di un singolo granello.
- Il perimetro della spiaggia è dato da $2(L_1 + L_2)$.
- Calcolo le incertezze di ogni risultato partendo dalle incertezze delle grandezze coinvolte e applicando le regole sull'incertezza nelle misure indirette.

LA SOLUZIONE

Calcolo il volume di un granello di sabbia e la sua incertezza.

$$V_{gr} = l^3 = (0,50 \times 10^{-3}) \text{ m}^3 = 1,3 \times 10^{-10} \text{ m}^3.$$

L'incertezza è:

$$\Delta V_{gr} = e_r(V_{gr}) \times V_{gr} = 3e_r(l) \times V_{gr} = 3 \times \frac{0,01 \text{ mm}}{0,50 \text{ mm}} \times (1,3 \times 10^{-10} \text{ m}^3) = 0,08 \times 10^{-10} \text{ m}^3.$$

Quindi scriviamo: $V_{gr} = (1,3 \pm 0,1) \times 10^{-10} \text{ m}^3$.

Calcolo il volume totale della sabbia e la sua incertezza.

$$V_{tot} = L_1 L_2 h = (1000 \times 50 \times 0,20) \text{ m}^3 = 1,0 \times 10^4 \text{ m}^3$$

e l'incertezza vale:

$$\Delta V_{tot} = [e_r(L_1) + e_r(L_2) + e_r(h)] V_{tot} = \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ m}} + \frac{1 \text{ m}}{50 \text{ m}} + \frac{3 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} \right) \times 10^4 \text{ m}^3 = 2 \times 10^3 \text{ m}^3.$$

Il volume totale si scrive come: $V_{tot} = (1,0 \pm 0,2) \times 10^4 \text{ m}^3$.

Ricavo il numero totale di granelli di sabbia e la sua incertezza.

$$N = \frac{V_{tot}}{V_{gr}} = \frac{1,0 \times 10^4 \text{ m}^3}{1,3 \times 10^{-10} \text{ m}^3} = 7,7 \times 10^{13}.$$

L'incertezza si calcola come:

$$\Delta N = [e_r(V_{tot}) + e_r(V_{gr})] N = \left(\frac{0,2 \times 10^4 \text{ m}^3}{1,0 \times 10^4 \text{ m}^3} + \frac{0,1 \times 10^{-10} \text{ m}^3}{1,3 \times 10^{-10} \text{ m}^3} \right) \times (7,7 \times 10^{13}) = 2,1 \times 10^{13}.$$

Quindi scriviamo infine: $N = (8 \pm 2) \times 10^{13}$.

Calcolo il perimetro della spiaggia.

$$2p = 2 \times (1000 + 50) \text{ m} = 2100 \text{ m}.$$

L'incertezza in questo caso è data da: $\Delta(2p) = 2(\Delta L_1 + \Delta L_2) = 2 \times (1 + 1) \text{ m} = 4 \text{ m}$.

Quindi si scrive: $2p = (2100 \pm 4) \text{ m}$.

PER NON SBAGLIARE

- L'incertezza sul numero di granelli di sabbia N cade già sulla prima cifra, quindi quelle successive sono ancora più incerte e non ha senso considerarle.

84 **★★★** La calibrazione, o taratura, di uno strumento digitale è una procedura con la quale si determina la relazione tra il valore numerico fornito dallo strumento e la misura della grandezza fisica in unità del Sistema Internazionale. Sul display di una bilancia digitale si legge il valore della massa in unità arbitrarie «u». Dopo una calibrazione, si trova la relazione con la quale si possono ricavare i valori delle masse espresse in kg. Si trova: $M(\text{kg}) = aM(\text{u}) + b$, con $a = (0,0244 \pm 0,0003) \text{ kg/u}$ e $b = (1,073 \pm 0,001) \text{ kg}$.

- ▶ Esprimi in kg il valore 2041,66 letto sul display, con la corretta incertezza.

$$[M(\text{kg}) = (50,9 \pm 0,6) \text{ kg}]$$

85 **★★★** Un cubetto di alluminio viene utilizzato per costruire un dado da incastro. La lunghezza del lato del dado è $(3,05 \pm 0,05) \text{ cm}$. La densità dell'alluminio vale $(2960 \pm 60) \text{ kg/m}^3$.

- ▶ Calcola il valore della massa del dado.
- ▶ Calcola la sua incertezza.
- ▶ Esprimi correttamente il risultato ottenuto.

$$[84 \times 10^{-3} \text{ kg}; 6 \times 10^{-3} \text{ kg}; (84 \pm 6) \times 10^{-3} \text{ kg}]$$

10 GLI ESPERIMENTI E LE LEGGI FISICHE

- 87 PENSACI BENE** La curva ottenuta riportando in un grafico cartesiano i valori del periodo di oscillazione di un pendolo e della sua lunghezza è un arco di parabola.
- ▶ Che tipo di proporzionalità esiste tra l e T ?

- 88 COSA SUCCEDEREBBE SE** Misuri il valore assunto da una grandezza y per diversi valori di un'altra grandezza x e noti subito che all'aumentare di x i valori di y diminuiscono. Quale di queste leggi sperimentali puoi dichiarare sicuramente falsa?

$$y = \frac{1}{5x}; \quad y = \frac{1}{5}x; \quad y = \frac{1}{x^2}$$

PROBLEMI GENERALI

- 9** Un gruppo di studenti misura otto volte l'intervallo di tempo impiegato da un pendolo per compiere un'oscillazione completa. Il cronometro utilizzato ha una sensibilità di 0,1 s.

INTERVALLO DI TEMPO (s)			
25,8	24,0	21,0	23,2
23,8	23,0	20,2	20,8

- ▶ Calcola il valore medio e la semidispersione massima delle misure.
- ▶ Esprimi il risultato della misura.
- ▶ Calcola l'incertezza percentuale.
- ▶ Se i valori ottenuti fossero stati tutti uguali, l'incertezza associata al valore medio sarebbe stata nulla?

$$[22,7 \text{ s}; 2,8 \text{ s}; (23 \pm 3) \text{ s}; 13\%]$$

- 10** Durante un rilievo topografico, la misura del lato maggiore di un appezzamento di terra rettangolare ha fornito il valore $(90,8 \pm 0,3) \text{ m}$. Il fossato che corre lungo due lati consecutivi del lotto di terreno è lungo $(150,2 \pm 0,5) \text{ m}$.

- ▶ Calcola il valore più plausibile per la lunghezza del lato minore e l'incertezza corrispondente.
- ▶ Calcola l'area dell'appezzamento.
- ▶ Calcola l'incertezza percentuale associata all'area.

$$[(59,4 \pm 0,8) \text{ m}; 5,39 \times 10^3 \text{ m}^2; 1,7\%]$$

- 11** Il raggio del pianeta Giove è $7,14 \times 10^7 \text{ m}$ e la sua massa vale $1,900 \times 10^{27} \text{ kg}$.

- ▶ Calcola l'area della superficie di Giove, considerandolo di forma sferica.
- ▶ Calcola la densità di Giove, considerandolo di forma sferica.
- ▶ Esprimi i risultati con il corretto numero di cifre significative.

$$[6,41 \times 10^{16} \text{ m}^2; 1,25 \times 10^3 \text{ kg/m}^3]$$

- 12** La figura mostra l'etichetta di un prodotto alimentare straniero.

Nutrition Facts		
Serving Size 14 g		
Serving per Container 30		
Amount Per Serving		
Calories 45	Calories From Fat 45	
% Daily Value *		
Total Fat	5 g	8%
Saturated Fat	1 g	5%
Polyunsaturated	2.5 g	
Monounsaturated	1 g	
Cholesterol	0 mg	0%
Sodium	90 mg	4%
Total Carbohydrate	0 g	0%
Protein	0 g	0%
Vitamin A	10%	
Not a significant source of dietary fiber, sugar, vitamin C, calcium and iron		
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs.		
NET WT 15 OZ (425 g)		

Sull'etichetta in basso si legge «NET WT 15 OZ (425 g)». OZ è l'abbreviazione di oncia, un'unità di misura della massa che non appartiene al Sistema Internazionale e che vale 1/16 di libbra, cioè 28,35 g.

- ▶ È corretta l'equivalenza indicata da once a grammi?
- ▶ Il produttore di cibo in scatola usa le cifre significative in modo corretto? Se no, scrivi l'equivalenza con il corretto numero di cifre significative.

$$[\text{Sì}; 4,3 \times 10^2 \text{ g}]$$

- 13** ★★★ La sigla «fl oz» indica l'oncia fluida, un'unità di misura di volume che non appartiene al Sistema Internazionale e che si usa per etichettare gli alimenti negli Stati Uniti, ed equivale a 30 mL.



- ▶ È corretta l'equivalenza indicata da once fluide a millilitri?
 - ▶ Il produttore di cibo in scatola usa le cifre significative in modo corretto? Se no, scrivi l'equivalenza con il corretto numero di cifre significative.
- 14** ★★★ Gli *azulejos* sono piastrelle decorative molto usate in Portogallo per rivestire le pareti degli edifici. Supponiamo di dover ricoprire una superficie di 24 m^2 , valore privo di incertezza, con *azulejos* di forma quadrata. La misura del lato di una piastrella fornisce il valore $15,0 \pm 0,5 \text{ cm}$.
- ▶ Calcola il numero minimo e il numero massimo di piastrelle necessarie per rivestire la parete considerando l'incertezza sperimentale.

[1000; 1140]

- 15** ★★★ In un paese si sono svolte le elezioni politiche, in cui si fronteggiavano due coalizioni: la coalizione Bianca è formata dai partiti B_1 , B_2 e B_3 , mentre quella Gialla è formata dai partiti G_1 , G_2 , G_3 e G_4 . Quattro ore dopo la chiusura dei seggi sono disponibili i primi risultati che provengono da un certo numero di località situate in diverse zone del paese.

Questi risultati prevedono di fare una prima previsione, che è soggetta a errore perché non è detto che tutti gli elettori del paese abbiano votato come quelli delle sezioni scrutinate per prime.

Le previsioni per il risultato del voto (con le corrispondenti incertezze) sono le seguenti:

PARTITO	COALIZIONE	PERCENTUALE DI VOTI SECONDO I PRIMI RISULTATI
B_1	Bianca	$(15 \pm 2)\%$
B_2	Bianca	$(21 \pm 3)\%$
B_3	Bianca	$(17 \pm 2)\%$
G_1	Gialla	$(8 \pm 1)\%$
G_2	Gialla	$(25 \pm 3)\%$
G_3	Gialla	$(12 \pm 2)\%$
G_4	Gialla	$(2 \pm 1)\%$

Esamina le prime tre righe della tabella precedente.

- ▶ Sulla base dei dati forniti, qual è il valore più plausibile per la percentuale totale di voti ottenuti dalla coalizione Bianca? Quali sono, rispettivamente, la massima e la minima percentuale che la coalizione Bianca può ottenere sulla base di tale previsione?

Esamina le ultime quattro righe della tabella precedente.

- ▶ Sulla base dei dati forniti, qual è il valore più plausibile per la percentuale totale di voti ottenuti dalla coalizione Gialla? Quali sono, rispettivamente, la minima e la massima percentuale che la coalizione Gialla può ottenere sulla base di tale previsione?

Considera i risultati che hai ottenuto finora.

- ▶ Sulla base di essi, puoi individuare una coalizione di partiti che certamente avrà la maggioranza dei voti in queste elezioni?

[53%, 60%, 46%; 47%, 40%, 54%]

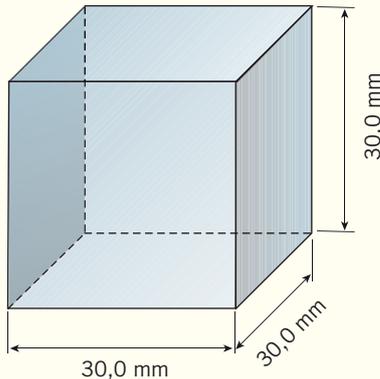
TEST

- 11** I risultati della sottrazione e della moltiplicazione fra le due misure $2,1 \text{ m}$ e $0,216 \text{ m}$, scritti con il numero corretto di cifre significative, sono:
- A $1,9 \text{ m}$; $0,454 \text{ m}^2$
 - B $1,9 \text{ m}$; $0,45 \text{ m}^2$
 - C $1,8 \text{ m}$; $0,453 \text{ m}^2$
 - D $1,8 \text{ m}$; $0,45 \text{ m}^2$

- 12** Conosciamo la massa di un blocco di rame con 3 cifre significative e il suo volume con 2. Possiamo determinare la densità del rame con:
- A 1 cifra significativa.
 - B 5 cifre significative.
 - C 2 cifre significative.
 - D 3 cifre significative.

- 13** Una superficie di 40 m^2 viene divisa in 1000 parti uguali. Ogni parte ha un'area di:
- A $0,04 \text{ m}^2$
 - B $0,04000 \text{ m}^2$
 - C $0,0400 \text{ m}^2$
 - D $0,040 \text{ m}^2$

- 14** Le lunghezze di tre spigoli di un cubo sono state misurate usando un calibro. Il calibro usato permette letture con un'incertezza di $0,1 \text{ mm}$.



► Quali dei seguenti valori indica meglio l'incertezza con cui può essere calcolato il volume del cubo?

- A $\frac{1}{27} \%$
- B $\frac{3}{10} \%$
- C $\frac{1}{3} \%$
- D 1%

(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, anno 1999)

- 15** Uno studente vuole misurare il diametro di una moneta. Per farlo usa una riga millimetrata per misurare quattro monete uguali messe una accanto all'altra, come nella seguente figura:



Lo studente ha stimato che gli estremi X e Y si trovano, sulla riga, nelle seguenti posizioni:

$$X = (1,0 \pm 0,2) \text{ cm}, Y = (5,0 \pm 0,2) \text{ cm}.$$

- Qual è, tra le seguenti, la misura del diametro di una moneta con l'incertezza della misura?

- A $(1,0 \pm 0,05) \text{ cm}$.
- B $(1,0 \pm 0,1) \text{ cm}$.
- C $(1,0 \pm 0,2) \text{ cm}$.
- D $(1,0 \pm 0,4) \text{ cm}$.
- E $(1,0 \pm 0,8) \text{ cm}$.

(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, anno 1997)

- 16** L'incertezza relativa sul quoziente di due misure è uguale
- A alla somma delle incertezze sulle singole misure.
 - B alla somma delle incertezze relative sulle singole misure.
 - C al quoziente delle incertezze relative sulle singole misure.
 - D al quoziente delle incertezze sulle singole misure.
- 17** In un'analisi statistica, i dati sperimentali più significativi sono quelli
- A più lontani dal picco dell'istogramma.
 - B agli estremi della curva di Gauss.
 - C compresi tra i valori $\bar{x} - \sigma$ e $\bar{x} + \sigma$, dove σ indica lo scarto quadratico medio.
 - D raccolti per primi.
- 18** Una legge sperimentale è:
- A una frase che descrive il risultato di un solo esperimento.
 - B una formula matematica che descrive il risultato di un solo esperimento.
 - C una qualsiasi relazione tra grandezze fisiche.
 - D una relazione fra grandezze fisiche verificata da numerosi esperimenti.

- 19** Non si potrà mai dire che una teoria è vera, ma quando si può affermare che è falsa?
- A Quando la si esamina all'esterno del suo campo di applicabilità.
 - B Quando spiega solo pochi fenomeni.
 - C Ogni volta che non consente di fare previsioni al di fuori del proprio campo di applicabilità.
 - D Quando i fenomeni osservati nella realtà sono in contraddizione con le previsioni nel suo campo di applicabilità.

